

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 32 870.6

Anmeldetag: 19. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Brennstoffzelle mit Vorheizzone

IPC: H 01 M 8/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Hoß", is placed over the typed name of the President.

Hoß

DaimlerChrysler AG

Dietrich

16.07.2002

Brennstoffzelle mit Vorheizzone

Die Erfindung betrifft Brennstoffzellen. Insbesondere betrifft die Erfindung Brennstoffzellen wie sie für moderne, schadstofffreie Kraftfahrzeuge eingesetzt werden. Dabei sind typischerweise mehrere Bipolarplatten (z.B. Polymer-Elektrolyt-Membranen, PEM) zu Stapeln zusammengesetzt, um die für den Antrieb erforderliche Leistung zu liefern.

10

Eine wichtige Anforderung des Kunden an sein Kraftfahrzeug ist die schnelle Verfügbarkeit der gewünschten Antriebsleistung. Die tolerierte Zeitspanne zwischen Aktivierung des Zündschlosses und dem Anfahren des Kraftfahrzeugs liegt dabei im Bereich von wenigen Sekunden. Aktuelle Fahrzeuge, die für ihren Antrieb mit PEM-Brennstoffzellenpaketen (sog. Stacks) ausgerüstet sind, überschreiten diese Zeitspanne noch deutlich. Die Hauptproblematik dabei ist, dass heutige PEM-Brennstoffzellen meistens erst oberhalb von ca. 5°C Anlauftemperatur beginnen, elektrische Leistung zu generieren. Durch wird ein Aufheizen der elektrochemisch aktiven Zonen durch eine externe Wärmequelle immer dann notwendig, wenn die Fahrzeugtemperatur unter der Anlauftemperatur der Brennstoffzelle liegt. Erst oberhalb von ca. 5°C kann sich die Brennstoffzelle im allgemeinen durch die anfallende Prozeßwärme - und bei Bedarf auch durch die erzeugte elektrische Energie - selbst auf Betriebstemperatur aufheizen.

15

20

25

30

35

Mittlerweile sind auch Brennstoffzellensysteme bekannt geworden, die bei Temperaturen unterhalb von 5°C und sogar unter-

halb von 0°C betrieben werden können. Der Betrieb unter diesen Bedingungen ist allerdings ausgesprochen schwierig und nur mit hohem technischen Aufwand zu realisieren. Im Allgemeinen steigt der technische Aufwand für den Betrieb von
5 Brennstoffzellen mit sinkender Temperatur überproportional an.

Aufgrund der Masse und Wärmekapazität der Brennstoffzellen-Stacks übersteigt die für das Aufheizen notwendige externe
10 Heizleistung üblicherweise die im Fahrzeug zu Verfügung stehende Batterieleistung bzw. die Heizleistung der an Bord befindlichen Wärmequellen. Will man die zusätzlichen Kosten vermeiden, die bei einer Erweiterung dieser sich an Bord befindlichen Quellen anfallen würden, kann dies nur durch
15 schrittweises Aufheizen der Brennstoffzellen-Stacks gelöst werden.

In der EP1009050-A2 sind spezielle Anordnungen aus mehreren Brennstoffzellen-Stacks beschrieben, die für unterschiedliche
20 Betriebstemperaturen (Hochtemperatur, HT und Niedrigtemperatur, NT) ausgelegt sind und beim Anfahren aus tiefen Temperaturbereichen nacheinander aktiviert werden. Dabei wird das extern vorgewärmte Kühlwasser und/oder Kathodengas des zuerst
25 aktivierten NT-Stacks (mit der geringsten erforderlichen Betriebstemperatur) durch den/die übrigen HT-Stacks geführt, um diese sukzessiv auf ein Temperaturniveau zu bringen, ab welchem dort ein Anfahren der elektrochemischen Reaktion möglich wird. Der Nachteil dieser Vorrichtung ist vor allen Dingen das niedrige Spannungsniveau, auf welchem dem Verbraucher
30 (z.B. Elektromotor) die elektrische Eingangsleistung zugeführt wird, da zu Beginn nur einige Brennstoffzellen (die des NT-Stacks) aktiviert sind. Ein schlechterer Wirkungsgrad bei der Bereitstellung der mechanischen Antriebsleitung und eine verminderte Kraftentfaltung ist die Folge. Außerdem wird die
35 Prozeßwärme der zuerst elektrochemisch aktiven Flächen im NT-Stack vergleichsweise schlecht an die Flächen weitergeleitet, die noch zu kalt sind, um selbst elektrochemisch aktiv zu

werden. Das erwärmte Kühlmedium der bereits aktiven Flächen muß erst durch die kalten Leitungen und Gasverteilerstrukturen geleitet werden, bis es an den Flächen im HT-Stack ankommt, an die es möglichst schnell möglichst viel Wärmeenergie zum Aufheizen übertragen soll. Zudem bedingt der Einsatz unterschiedlich ausgebildeter NT- und HT-Stacks einen erhöhten fertigungstechnischen Aufwand.

Eine alternative Lösung wird vorgeschlagen in der japanischen Patentanmeldung Publication No. 2001236978 A. Dabei wird eine Brennstoffzelle von einer Flüssigkeit (Wasser) durchströmt, die durch eine externe Heizeinrichtung erwärmt werden kann. Beim Durchströmen der Zelle gibt die erwärmte Flüssigkeit Wärmeenergie zunächst im Einlaßbereich an die Reaktionsfläche der Brennstoffzelle ab, wodurch zuerst dieser Teilbereich der Gesamtfläche die erforderliche Betriebstemperatur erreicht. Nach und nach, verstärkt durch die im Einlaßbereich einsetzte Reaktion und damit verbundene Wärmeentwicklung in der Zelle selbst, erreicht der übrige Teil der Reaktionsfläche die erforderliche Temperatur. Bei dieser Anordnung kann auf die Verwendung zweier verschiedener Brennstoffzellentypen (NT-, bzw. HT-Stack) verzichtet werden. Nachteilig kann sich hier jedoch auswirken, dass die Reaktionsfläche nur schrittweise die Betriebstemperatur erreicht (ausgehend vom Einlassbereich der Flüssigkeit) während die Reaktanden über die gesamte Fläche der Zelle - also auch die noch kälteren Bereiche - geleitet werden. Die im Einlaßbereich einsetzende Reaktion erzeugt Wasser, das beispielsweise vom Oxidant mitgeführt wird und an den noch kalten Flächenanteilen der Zelle kondensieren kann. Eine Benetzung der Reaktionsfläche in kälteren Bereichen kann sich dann ungünstig auf die Diffusionsvorgänge zur PEM auswirken.

Die vorliegende Erfindung geht aus vom Gegenstand dieser japanischen Patenanmeldung als nächstliegendem Stand der Technik. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine alternative Ausgestaltung einer Brennstoffzelle zu entwickeln, die zügig auf

Betriebstemperatur gebracht werden kann und die aufgezeigten Nachteile weitgehend überwindet. Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Brennstoffzelle mit den Merkmalen des Anspruch 1. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sowie entsprechende 5 Verfahren zur Ansteuerung/Regelung der erfindungsgemäßen Brennstoffzelle sind Gegenstand der Unteransprüche.

Grundidee der Erfindung ist die Aufteilung der Reaktionsfläche unter Verwendung vorteilhafter Geometrien bzw. Anordnungen der Gasverteiler innerhalb der Brennstoffzelle und des 10 Brennstoffzellen-Stacks. Dies bietet die Möglichkeit für das schnelle und gezielte Aufheizen definierter Zonen aller, für den Antrieb vorgesehenen Brennstoffzellen, so dass dem Fahrzeugantrieb (Elektromotor) in kürzester Zeit und auf hohem 15 Spannungsniveau eine ausreichende Leistung zum zügigen Anfahren bereitgestellt wird. Das hohe Spannungsniveau gewährleistet dabei einen hohen Wirkungsgrad des Elektromotors und damit eine höhere Dynamik beim Anfahren.

20 Erfindungsgemäß sind die Reaktionsflächen (Flowfields) der Zellen der Stacks in Felder aufgeteilt, welche einen schnellen, partiellen Betrieb der Zelle ermöglichen. Einzelne Teilbereiche der Flowfields (Vorheizbereiche) werden mit Hilfe externer Wärmequellen auf eine Temperatur erwärmt, die mindestens der Anlauftemperatur der elektrochemisch aktiven Flächen entspricht, so daß innerhalb dieser Bereiche der elektrochemische Brennstoffzellenprozeß in Gang kommt. 25

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im 30 Folgenden beschrieben, wobei Bezug genommen wird auf die Abbildung und darin aufgeführten Bezugsziffern.

Figur 1 zeigt eine Aufsicht auf eine solche Flowfield-Struktur einer Brennstoffzelle.

35

Die aktive Zellfläche ist hier (als einfachste Aufteilung) in nur zwei Teilbereiche unterteilt, wobei Feld 1 den oben be-

schriebenen Vorheizbereich darstellt, der durch externe Quellen auf Anlauftemperatur gebracht wird und Feld 2 den Bereich darstellt, der zumindest teilweise durch die Prozeßwärme und/oder die elektrisch generierte Leistung des Felds 1 aufgeheizt wird. Ein Teil der im Feld 1 zunächst anfallenden Prozeßwärme wird dabei direkt durch Wärmeleitung zum kälteren Feld 2 transportiert.

Durch zwei Eingangssports (3a, 3b) des Oxidants (Luft oder anderer sauerstoffhaltiges Gas) strömt Kathodengas getrennt in Feld 1 und 2 ein und durch Ausgangssports (4a, 4b) wieder aus den Feldern aus. Analog gibt es zwei Eingangs- (5a, 5b) und Ausgangssports (6a, 6b) für das Brenngas (wasserstoffhaltiges Gas). Das Kühlmedium strömt durch den vorgesehenen Eingangsport (7) zuerst durch den Vorheizbereich, wo es durch den Brennstoffzellenprozeß im Feld 1 kurz nach dem Anfahren dieses Felds aufgeheizt wird. Anschließend wird es durch das Feld 2 geleitet, um dort die Wärme möglichst vollständig abzugeben und das Feld 2 auf Anlauftemperatur zu bringen, und verläßt die Brennstoffzelle über den Auslaßport (8).

Beim Aufheizen des Felds 1 kann dies vorzugsweise nach Entfernen des Kühlmediums geschehen, welches dann kurz vor oder beim Betrieb des Felds 1 wieder dem Zellbereich zugeführt werden kann. Als Variante ist optional ein extra Ausgangsport für das Kühlmedium im Feld 1 und ein extra Eingangsport für das Feld 2 möglich (nicht dargestellt), um beispielsweise vor dem Kühlmitteleintritt in Feld 2 den Massenfluß zu verringern oder kälteres Kühlmittel zuzumischen.

Ein weitere Variante der abgebildeten Anordnung ist die Verbindung des Kathodenausgangsports (4a) des Felds 1 mit dem Kathodeneingangsport (3b) des Felds 2. Diese Verbindung kann auch mit einem Ventil versehen sein, das vorzugsweise erst dann geöffnet wird, wenn das Feld 2 soweit aufgeheizt ist, bis keine Gefahr mehr besteht, dass die Feuchte des einströmenden Gas im kälteren Feld 2 ausfrieren oder ungewünscht

auskondensieren kann. Ein analoge Variante ist die Verbindung des Anodenausgangsports (6a) des Felds 1 mit dem Anodeneingangsport (5b) des Felds 2. Diese Verbindung kann entsprechend ebenfalls mit einem Ventil versehen sein, das vorzugs-

5 weise erst dann geöffnet wird, wenn das Feld 2 soweit aufgeheizt ist, bis keine Gefahr mehr besteht, daß die Feuchte des einströmenden Gas im kälteren Feld 2 ausfrieren oder ungewünscht auskondensieren kann.

10 Die schematisch dargestellten Kanalstrukturen zwischen den Ein- und Ausgangsports stellen nur eine Möglichkeit der Kanalstrukturgestaltung dar. Grundsätzlich sind serpentinenförmige, parallele, verzweigte oder/und genoppte Strukturen denkbar.

15 Vorzugsweise wird in jeder der für die Stromversorgung vorgesehenen Brennstoffzellen ein separater Bereich analog zu Feld 1 vorgeheizt, so daß die elektrische Leistung beim Anfahren auf maximalem Spannungsniveau bereitgestellt wird.

20 Durch die erfindungsgemäße Flowfield- bzw. Bipolarplattengeometrie wird ein direkter thermischer Kontakt zwischen dem Vorheizbereich und dem restlichen Bereich der Flowfields durch Wärmeleitung hergestellt. Dadurch kann die Wärme, die durch den frühzeitigen Betrieb des Vorheizbereichs als Reaktionswärme gebildet wird, auch durch Wärmeleitung an die kälteren Bereich abgegeben werden, so daß diese schneller auf Anlauftemperatur gebracht werden können.

25 30 Im Vergleich zur Anordnung nach EP1009050-A2 kann zudem Bauvolumen gespart werden, da nicht unbedingt mehr als ein Brennstoffzellen-Stack verwendet werden muß. Dadurch können Verspannungseinrichtungen und Gaszuführungen der Stacks eingespart werden.

35 In einer weiteren Ausführungsform (nicht dargestellt) ist die Reaktionsfläche (2) neben dem Vorheizbereich (1) in mehrere

Zonen mit jeweils separaten Gas-Ein- und Ausgangsports unterteilt. Dies bietet die Möglichkeit, die jeweiligen Zonen sukzessiv durch Gaseinleitung in den Reaktionsprozess einzubeziehen, wenn sich die Temperatur auf Reaktionsniveau angehoben hat. Damit finden nach und nach Reaktionen stets nur in Flächenbereichen mit günstigem Temperaturbereich statt.

Die beschriebene Brennstoffzelle zeichnet sich aus durch schnelles Ansprechen bei ungünstig tiefen Temperaturen. Sie ist insbesondere geeignet für den Einsatz in Kraftfahrzeugen, wo es beim Kaltstart auf schnell zur Verfügung stehende Leistung ankommt. Da die chemischen Reaktionen nur an den aktivierte Flächenbereichen mit vorteilhafter Temperatur ablaufen, ist der Umsatz der Reaktanden und damit der Wirkungsgrad im günstigen Bereich. Auch eine lokale Überfeuchtung der Membran durch Kondenswasser kann weitgehend vermieden werden.

20

25

30

DaimlerChrysler AG

Dietrich

16.07.2002

Patentansprüche

- 1) Brennstoffzelle mit einer Bipolarplatte (z.B. PEM) als Anoden- und Kathodenfläche, wobei Reaktionsstoffe über Einlaß- und Auslaßports über die Anode und Kathode geleitet werden und wobei ein wärmetransportierendes Medium (z.B. Wasser) über separate Ein- und Auslaßports (7, 8) durch die Bipolarplatte geleitet wird,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bipolarplatte in mindestens zwei Reaktionsbereiche (1, 2) unterteilt ist, wobei jeder Reaktionsbereich Einlaß- (3a, 3b, 5a, 5b) und Auslaßports (4a, 4b, 6a, 6b) für die Reaktionsstoffe aufweist.
- 2) Brennstoffzelle nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass jeder Reaktionsbereich (1, 2) Ein- und Auslaßports für das wärmetransportierende Medium aufweist und Mittel vorhanden sind, mit denen das wärmetransportierende Medium über die verschiedenen Reaktionsbereiche (1, 2) separat geleitet werden kann.
- 3) Brennstoffzelle nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Veränderung der zeitlichen Durchflußmenge des wärmetransportierenden Mediums vorhanden sind.

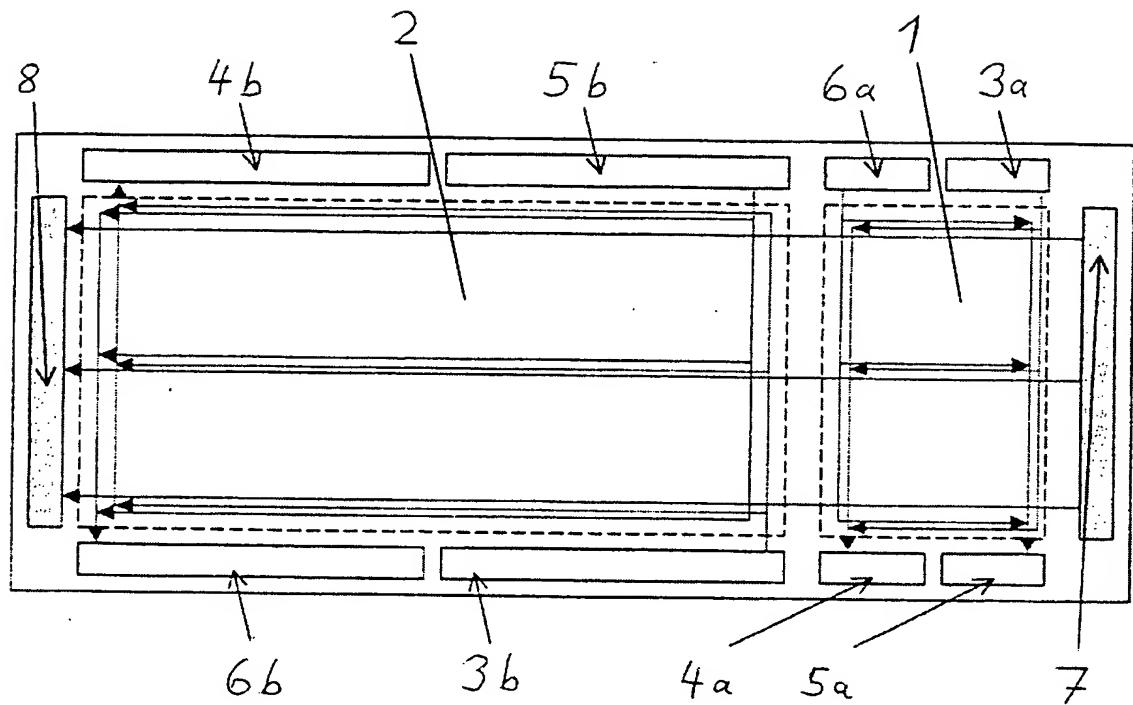
- 4) Brennstoffzelle nach Anspruch 1, 2 oder 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass Mittel zur Temperaturmessung der einzelnen Re-
aktionsbereiche (1, 2) vorhanden sind.

- 5) Brennstoffzelle nach Anspruch 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass Mittel vorhanden sind, die den Fluß der Reaktions-
stoffe und/oder des wärmetransportierenden Mediums in Ab-
hängigkeit von den Werten der Temperaturmessung beein-
flussen.

- 6) Verfahren zur Ansteuerung einer Brennstoffzelle mit den
Merkmalen nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zunächst ein erster Reaktionsbereich (1) durch das
wärmetransportierende Medium auf Reaktionstemperatur er-
wärmst wird und Reaktionsstoffe nur über diesen ersten Re-
aktionsbereich geleitet werden und weitere Reaktionsberei-
che (2) erst nach ihrer Erwärmung auf Reaktionstemperatur
sukzessiv mit Reaktionsstoffen versorgt werden.

- 7) Verfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass Reaktionsstoffe über mehrere Reaktionsbereiche (1,
2), die sich auf Reaktionstemperatur befinden, nach-
einander geleitet werden.

- 8) Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass Reaktionsstoffe über mehrere Reaktionsbereiche (1,
2), parallel geleitet werden.



DaimlerChrysler AG

Dietrich

16.07.2002

ZusammenfassungBrennstoffzelle mit Vorheizzone

Die Erfindung betrifft Brennstoffzellen wie sie z.B. für Fahrzeuganwendungen eingesetzt werden. Zur schnellen Aufheizung einer Zelle auf Betriebstemperaturen wird vorgeschlagen, den Reaktionsbereich der Zelle (Bipolarplatte) aufzuteilen und beim Start über separate Eingangs- (3a,5a; 3b,5b) und Ausgangsports (4a,6a; 4b,6b) nur einen Teilbereich (1) mit den Reaktanden zu versorgen. Damit erwärmt sich dieser Teilbereich aufgrund der verringerten Größe relativ schnell und die entstehende Reaktionswärme kann durch Kontakt zu benachbarten Reaktionsbereichen (2) und/oder über ein Wärmetransportmittel zum Aufheizen übertragen werden. Nach Erreichen der Betriebstemperatur in diesen Bereichen werden die Reaktanden auch über die benachbarten Reaktionsbereiche (2) geleitet, bis volle Betriebsleistung der Brennstoffzelle erreicht ist.